

6. Воронкова Н.М., Холина А.Б. Морфология, биология прорастания и криорезистентность семян представителей флоры острова Сахалин // Вестн. КрасГАУ. – 2010. – № 4. – С. 30–36.
7. Воронкова Н.М., Холина А.Б. Биология прорастания и криохранение семян некоторых пищевых и лекарственных видов растений Дальнего Востока России // Вестн. КрасГАУ. – 2011. – № 9. – С. 55–59.
8. Безделев А.Б., Безделева Т.А. Жизненные формы семенных растений российского Дальнего Востока. – Владивосток: Дальнаука, 2006. – 296 с.
9. Артюшенко З.Т. Атлас по описательной морфологии высших растений. Семя. – Л.: Наука, 1990. – 204 с.
10. Артюшенко З.Т., Федоров А.А. Атлас по описательной морфологии высших растений. Плод. – Л.: Наука, 1986. – 392 с.
11. Николаева М.Г., Тихонова В.Л., Далецкая Т.В. Долговременное хранение семян дикорастущих видов растений. Биологические свойства семян. – Пущино: ОНТИ ПНЦ РАН, 1992. – 37 с.
12. Николаева М.Г., Лянгузова И.В., Поздова Л.М. Биология семян. – СПб.: Изд-во СПбГУ, 1999. – 232 с.
13. Воронкова Н.М., Верхолат В.П. Морфобиологические, морфометрические особенности, режимы прорастания и криоконсервация семян некоторых кустарников Дальнего Востока России // Леса российского Дальнего Востока: Мониторинг динамики лесов российского Дальнего Востока: мат-лы V Всерос. конф. – Владивосток: ЛАИНС, 2012. – С. 36–39.
14. Бартон Л. Хранение семян и их долговечность. – М.: Колос, 1964. – 240 с.



УДК 633.14: 631.52

В.И. Полонский, А.В. Сумина

МЕТОД ОЦЕНКИ СТЕКЛОВИДНОСТИ ЗЕРНА ЯЧМЕНЯ

На 28 образцах ярового ячменя изучали физические и технологические параметры зерна. Установлена достоверная позитивная корреляция ($r = 0,726$) между величиной плотности зерна и показателем его стекловидности. Показана возможность разделения образцов ячменя на две контрастные группы, отличающиеся по стекловидности зерна на основе его измеренной плотности.

Ключевые слова: ячмень, параметры зерна, стекловидность, твердость, метод оценки.

V.I. Polonskiy, A.V. Sumina

THE ASSESSMENT METHOD OF BARLEY GRAIN GLASSINESS

The physical and technological parameters of barley grain are studied on spring barley 28 samples. The reliable positive correlation ($r = 0.726$) between the grain density size and its glassiness indicator is determined. The possibility of barley sample division into two contrast groups differing on grain glassiness on the basis of its measured density is shown.

Key words: barley, grain parameters, glassiness, solidity, assessment method.

Зерно ячменя широко используется в сельском хозяйстве в качестве корма для животных, в пивоваренной промышленности как сырье для получения солода, а также в пищевой промышленности для изготовления перловой и ячневой крупы. При определении качества этой крупы существенное значение имеет стекловидность зерна. Как известно, зерно может быть мучнистым, стекловидным и полустекловидным. Злаки, содержащие повышенное количество стекловидных зерен, имеют, как правило, более высокое содержание белка [1]. При изготовлении крупы наибольший выход ее получают при переработке стекловидного ячменя [2].

В последние годы сформировался раздел современной селекции ячменя на качество зерна, в том числе на показатель стекловидности, который базируется на использовании молекулярных маркеров и комплекса физических, биохимических и молекулярно-генетических лабораторных методов [3]. На практике же сегодня селекция сортов ячменя по стекловидности зерна основана на применении стандартного метода определения этого показателя [4]. Стандарт устанавливает методы определения стекловидности либо при помощи прибора диафаноскопа просвечиванием исследуемого зерна направленным световым потоком, либо по результатам осмотра среза зерна. Последний метод состоит в использовании 100 штук разрезанных на две части зерновок и дальнейшей визуальной оценке степени стекловидности эндосперма.

К сожалению, стандартные методы анализа зерна на стекловидность весьма трудоемки и длительны, что усложняет оценку образцов в процессе селекции, а также при заготовке и размещении зерна на элеваторе. Одним из путей решения проблемы может быть поиск и внедрение новых методов экспресс-контроля показателя стекловидности зерна ячменя.

В литературе описаны следующие подходы к оценке стекловидности зерна злаковых культур:

1. Определение стекловидности пшеницы [5] и кукурузы [6,7] методом спектроскопии исследуемого образца в ближней инфракрасной области спектра и последующем количественном расчете определяемых показателей по ранее созданным градуировочным моделям.

2. Автоматизированный метод определения стекловидности зерна пшеницы, ячменя, риса, сорго на основе ближней инфракрасной спектроскопии [8].

К достоинствам указанных подходов относятся экспрессность, отсутствие какой-либо пробоподготовки и повреждения зерна, простота выполнения измерений, отсутствие необходимости в реактивах и расходных материалах. В качестве недостатка метода следует выделить высокие капитальные затраты на приобретение необходимого лабораторного оборудования (ИК-анализатор, компьютер, программное обеспечение и другое).

Альтернативным подходом к оценке образцов ячменя может быть определение простого косвенного показателя, коррелятивно связанного с величиной стекловидности зерна. Одним из таких показателей является твердость зерна ячменя, которая тесно коррелирует с уровнем его стекловидности [9]. Твердость индивидуальных зерновок ячменя может быть определена путем измерения усилия при их раздавливании с помощью прибора Single Kernel Characterisation System 4100 [10]. Кроме этого метода недавно предложен иной подход к определению твердости индивидуальных зерновок ячменя, основанный на использовании газового потока [11].

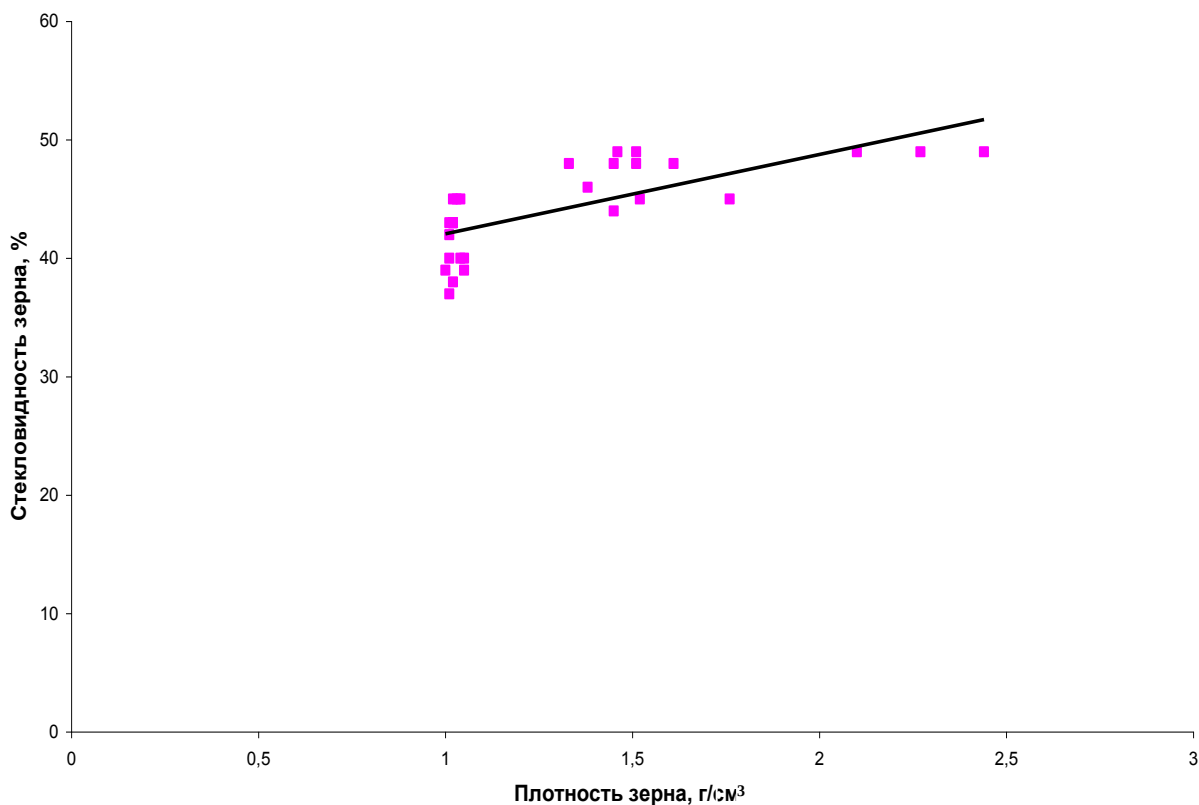
В качестве другого косвенного показателя, служащего для оценки степени стекловидности, по-видимому, может выступать величина плотности зерна. Действительно, как показано на кукурузе, твердость зерна тесно связана с его плотностью [12] и является хорошей косвенной мерой стекловидности зерна [13]. Что касается ячменя, то прямых данных, демонстрирующих наличие связи между стекловидностью зерна и его плотностью, в литературе нам встретить не удалось.

Цель данного исследования состоит в анализе взаимосвязи между плотностью зерна ячменя и показателем его стекловидности.

В качестве **объекта исследования** использовались 28 образцов ярового ячменя (*Hordeum vulgare* L.), которые выращивали по паровому предшественнику в ОПХ Минино Красноярского НИИ сельского хозяйства СО РАСХН в 2011 году. Селекционный материал был любезно предоставлен сотрудниками лаборатории серых хлебов КНИИСХ СО РАСХН.

Измерение стекловидности зерна было выполнено по стандартной методике [3] в Хакасской агрохимической лаборатории (Абакан). Образцы были проанализированы в трехкратной повторности. Параллельно этой операции определяли величину плотности зерна для каждого образца. Плотность зерна находили путем деления массы (навеска около 10 г, точность измерения 0,01 г) зерна на его объем. Для измерения объема навески зерно помещали в мерную пробирку с водой (цена деления 0,2 мл). По разнице конечного и начального объемов воды в пробирке рассчитывали объем зерна. Относительная ошибка определения объема зерна составляла не более 2%, а его массы – 0,1%.

Связь между исследуемыми параметрами зерна была найдена с помощью стандартной статистической программы Microsoft Excel 2003.



Зависимость стекловидности зерна ячменя от его плотности

На рисунке показана зависимость значения стекловидности зерна ячменя от его плотности. Рассчитанный коэффициент корреляции между этими показателями составил существенную величину: $r = 0,726 \pm 0,135$ (достоверно для уровня значимости 0,001).

В таблице 1 представлены результаты, касающиеся разделения образцов на две крайние группы по показателю стекловидности зерна. Судя по приведенным в ней данным, группы из 5 образцов с минимальным и максимальным значением стекловидности достоверно различались между собой по величине плотности зерна. Как следует из таблицы 2, из пяти образцов с минимальным значением плотности три имели наименьший уровень стекловидности, из пяти образцов с максимальной плотностью три обладали наибольшей стекловидностью.

Таблица 1

Физическая и технологическая характеристика зерна исследуемых групп образцов ячменя

Группа образцов	Среднее значение	
	плотности зерна, г/см ³	стекловидности зерна, %
Все образцы (n = 28)	$1,33 \pm 0,08^*$	$44,2 \pm 0,7$
Пять образцов с минимальной стекловидностью	$1,02 \pm 0,01 \text{ а}^{**}$	$38,6 \pm 0,5 \text{ а}$
Пять образцов с максимальной стекловидностью	$1,96 \pm 0,45 \text{ б}$	$49,0 \pm 0 \text{ б}$

* Стандартное отклонение; ** значения с разными буквами различаются существенно между группами образцов ячменя при $P \leq 0,05$.

Название образцов, вошедших в контрастные группы по стекловидности и плотности зерна

Название образцов в группах с		Название образцов в группах с	
минимальной стекловидностью	минимальной плотностью	максимальной стекловидностью	максимальной плотностью
Г 20487	Г 20487	ГДГ 6h 949	ГДГ 6h 949
Кузнецкий	Кузнецкий	Л 24 КО	Омский 91
Миг 16	Миг 16	Лука	2860 h 63
11/5	Ц 1	Нудум 4762	Нудум 4762
Л 23 КО	Омский 89	Рикотензе 4673	Рикотензе 4673

Таким образом, измерив значение плотности образцов ячменя, можно провести их оценку по величине стекловидности зерна. При этом будет осуществлено достаточно точное разделение образцов на две контрастные группы по показателю стекловидности зерна. Предложенный подход к отбору ячменя на стекловидность зерна является экспрессным (для оценки одного образца требуется не более 2 мин вместо нескольких часов по стандартному методу), неповреждающим (что очень важно для сохранения уникального селекционного материала), простым (не требуется персонал с высокой квалификацией), низкочастотным (не требуется приобретение дорогостоящего лабораторного оборудования). Метод может быть реализован практически в любой лаборатории обычного селекционного учреждения.

Литература

1. *Dowell F.E.* Differentiating vitreous and nonvitreous durum wheat kernels by using near-infrared spectroscopy // *Cereal Chemistry*. – 2000. – Vol. 77. – № 2. – P. 155–158.
2. *Борисоник З.Б.* Ячмень яровой. – М.: Колос, 1974.
3. *Рыбалка А.И., Копусь М.М., Донцов Д.П.* Современные направления улучшения качества зерна ячменя // *Аграр. вестн. Юго-Востока*. – 2009. – № 3. – С. 24–27.
4. ГОСТ 10987-76. Зерно. Методы определения стекловидности. – М.: Госстандарт, 1976.
5. www.LUMEX.ru.
6. Relationship between corn vitreousness and ruminal in-situ starch degradability / *C.E.S. Correa* [et al.] // *Journal of Dairy Science*. – 2002. – Vol. 85. – P. 3008–3012.
7. Relationships between kernel vitreousness and dry matter degradability for diverse corn germplasm. I. Development of near-infrared reflectance spectroscopy calibrations / *D. Ngonyamo-Majee* [et al.] // *Animal Feed Science and Technology*. – 2008. – Vol. 142. – P. 247–258.
8. *Dowell F.E., Baenziger P.S., Maghirang E.B.* Automated single kernel sorting for enhancing grain quality in breeding lines // *ASABE Annual International Meeting, Book of Technical Papers*. – 2007. – P.7–14.
9. Variation in Kernel Hardness and Associated Traits in U.S. Barley Breeding Lines / *S. Nair* [et al.] // *Cereal Chemistry*. – 2010. – Vol. 87. – № 5. – P. 461–466.
10. *Lazaridou A., Chornick T., Biliaderis C.G.* Composition and molecular structure of polysaccharides released from barley endosperm cell walls by sequential extraction with water, malt enzymes, and alkali // *Journal of Cereal Science*. – 2008. – Vol. 48. – P. 304–318.
11. *Walker C.K., Panozzo J.F.* Development of a small scale method to determine volume and density of individual barley kernels, and the relationship between grain density and endosperm hardness // *Journal of Cereal Science*. – 2011. – Vol. 54. – № 3. – P. 311–316.
12. *Bergquist R.R., Thompson D.L.* Corn grain density characterized by two specific gravity techniques // *Crop Science*. – 1992. – Vol. 32. – P. 1287–1290.
13. *Philippeau C., Le Deschault de Monredon F., Michalet-Doreau B.* Relationship between ruminal starch degradation and the physical characteristics of corn grain // *Journal of Animal Science*. – 1999. – Vol. 77. – P. 238–243.